2025年二级建造师《机电工程管理与实务》口袋书

第1章　机电工程常用材料与设备

▶考点一：金属材料的性能

金属材料的性能一般分为工艺性能和使用性能两类。

（1）工艺性能：是指机械零件在加工制造过程中，即在冷、热加工条件下表现出来的性能。

（2）使用性能：是指机械零件在使用条件下，金属材料表现出来的性能，包括机械性能、物理性能、化学性能等。

工艺性能	铸造性能、可焊性、可锻性、热处理性能、切削加工性等	
使用性能	机械性能（力学性能）	强度、塑性、硬度、冲击韧性、多次冲击抗力和疲劳极限等
	物理性能	密度、熔点、热膨胀性、磁性、电学性能等
	化学性能	金属与其他物质进行化学反应的特性

▶考点二：铜及铜合金（新增）

铜	纯铜在常温常压下外观呈现玫瑰红色，有光泽，为有延展性的金属，表面氧化时呈现紫红色，所以也称为紫铜，具有良好的导电性、导热性等
黄铜	是由铜和锌组成的合金，有较强的耐磨性能。 由黄铜所拉成的无缝铜管，质软、耐磨性能强；可用于热交换器和冷凝器、低温管路、海底管道，以及制造板料、条材、棒材、管材，铸造零件等； 黄铜铸件常用来制作阀门和管道配件等
白铜	白铜是以镍为主要添加元素的铜合金。 工业用白铜分为结构白铜和电工白铜两大类。 结构白铜的特点是机械性能和耐蚀性好，色泽美观；这种白铜广泛用于制造精密机械、眼镜配件、化工机械和船舶构件。 电工白铜一般有良好的热电性能。锰铜、康铜、考铜是含锰量不同的锰白铜，是制造精密电工仪器、变阻器、精密电阻、应变片、热电偶等的材料
青铜	青铜是以锡为主要添加元素的铜合金。 通常在青铜名字前冠以第一主要添加元素的名称，如锡青铜、铅青铜、铝青铜、铍青铜等
锡青铜	具有很好的铸造性能、减摩性能、机械性能，适用于制造轴承、蜗轮、齿轮等
铅青铜	是现代发动机和磨床广泛使用的轴承材料
铝青铜	强度高，耐磨性和耐蚀性好，用于铸造高载荷的齿轮、轴套、船用螺旋桨等
铍青铜	弹性极限高，导电性好，适于制造精密弹簧和电接触元件

▶考点三：高分子材料的分类及应用

高分子材料按特性可分为塑料、橡胶、纤维、高分子涂料、高分子胶粘剂、高分子基复合材料和功能高分子材料等。

口诀：高像素功能香蕉图



▶考点四：非金属风管材料

非金属风管材料	适用范围
玻璃纤维复合风管	中压以下的空调系统
酚醛复合风管	低、中压空调系统及潮湿环境
聚氨酯复合风管	低、中、高压洁净空调系统及潮湿环境
硬聚氯乙烯风管	洁净室含酸碱的排风系统

口诀：维权巨硬

▶考点五：氧化镁电缆

氧化镁电缆是由铜芯、铜护套、氧化镁绝缘材料加工而成。

氧化镁材料是无机物，铜和氧化镁的熔点分别为1038℃和2800℃，防火性能特佳；耐高温（电缆允许长期工作温度达250℃，短时间或非常时期允许接近铜熔点温度）、防爆（无缝铜管套及其密封的电缆终端可阻止可燃气体和火焰通过电缆进入电器设备）、载流量大、防水性能好、机械强度高、寿命长、具有良好的接地性能等优点，但价格贵、工艺复杂、施工难度大。

在油灌区、重要木结构公共建筑、高温场所等耐火要求高且经济性可以接受的场合，可采用氧化镁电缆。

▶考点六：泵、风机、压缩机的性能

设备	性能参数
泵	效率、流量、扬程、功率、转速 口诀：小刘杨工拽
风机	流量（风量）、全风压、动压、静压、功率、效率、比转速、转速 口诀：流压二率比转速
压缩机	噪声、吸气压力、排气压力、流量、工作效率、容积 口诀：早上洗牌留笑容

▶考点七：石油化工设备

反应设备	反应器、反应釜、分解锅、聚合釜等
换热设备	管壳式余热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器等
分离过滤设备	分离器、过滤器、集油器、缓冲器、洗涤器等
储存设备	各种形式的储槽、储罐等

▶考点八：发电设备（新增）

柴油发电机组的性能参数有：功率、电压、频率、电流、冷却量及冷却方式、燃烧空气量、排风量、允许排气背压等。

▶考点九：变电设备（新增）

变压器的主要技术参数有：连接组别、空载损耗、负载损耗、空载电流、绝缘等级、温升限值、冷却方式、调压方式、短路阻抗、阻抗、短路损耗、额定容量、额定电流、额定电压、效率等。

口诀：别墅空负耗电，等温冷方式，短租容流鸭，效率！

▶考点十：配电设备（新增）

开关柜的主要技术参数有	额定电压、额定电流、额定频率、额定工频耐受电压、额定雷电冲击耐受电压等
配电柜（箱、盘）的性能特点包括	额定电压、额定电流、短路承受能力、防护等级等

▶考点十一：控制设备（新增）

控制设备是指用于控制电力系统运行的设备，包括自动化控制系统、保护装置、监测仪表等。

断路器	用于在电路中断开或连接电流，以保护电气设备和人员的安全
	性能特点：额定电流、额定电压、短路开断能力、操作特性等
隔离开关	用于在电路中隔离电源或设备，以确保人员的安全
	性能特点：额定电压、额定电流、接通能力、断开能力等
负荷开关	用于控制电路中的负荷，实现负载的接通和断开
	性能特点：额定电压、额定电流、操作方式等
接地开关	用于在电路出现故障时接地，以确保人员和设备的安全
	性能特点：接通电流、断开电流、接地能力等
继电器	用于控制电路的开关动作，实现远程控制和保护功能
	性能特点：动作特性、接点负载能力、响应速度等

▶考点十二：电力电子设备（新增）

变频器	变频器是一种改变交流电源频率的电器， 主要由整流单元、滤波单元、逆变单元、控制单元四部分组成
逆变器	逆变器是一种电源转换装置，可以将直流电源转换为交流电源。 逆变器由逆变电路、逻辑控制电路、滤波电路三大部分组成
整流器	整流器是一种将交流电转换为直流电的装置或元件
软启动器	软启动器是电动机在不调速拖动控制中使用的一种性能优异的拖动设备。 主要有电子式（晶闸管调压式）、磁控式和自动液体电阻式等类型。 可实现整个启动过程中无冲击而平滑的启动电动机。 软启动器启动方式有：限流启动、斜坡电压启动、转矩控制启动、转矩加突跳控制启动、电压控制启动等

第 2 章　机电工程专业技术

▶考点一：工程测量的原则及要求

1. 工程测量的原则

工程测量应遵循“由整体到局部，先控制后细部”的原则，即先以建设单位提供的永久基准点、线为基准，然后测设出各个部位设备的准确位置。

2. 工程测量的要求

检核是测量工作的灵魂。

检核分为：仪器检核、资料检核、计算检核、放样检核和验收检核。

口诀：一只鸡放盐



▶考点二：连续生产设备安装测量

1. 安装基准线测设

中心标板应在浇灌基础时，配合土建埋设，也可待基础养护期满后再埋设。

设备安装平面线不少于纵、横两条。

2. 安装标高基准点测设

标高基准点一般埋设在基础边缘且便于观测的位置。

标高基准点一般有简单标高基准点和预埋标高基准点。

采用钢制标高基准点的，应埋设在靠近设备基础边缘便于测量处，不允许埋设在设备底板下面的基础面上。

例如：简单的标高基准点一般作为独立设备安装的基准点；预埋标高基准点主要用于连续生产线上的设备在安装时使用。

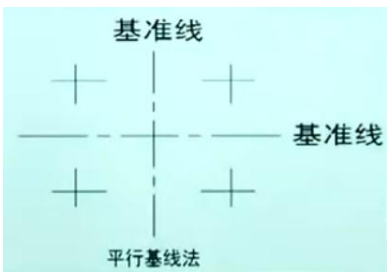
3. 连续生产设备基准线和基准点的要求

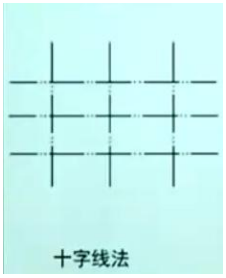
连续生产设备只能共用一条纵向基准线和一个预埋标高基准点。

▶考点三：长距离输电线路钢塔架（铁塔）施工的测量

（1）长距离输电线路定位后，可根据起、止点和转折点及沿途障碍物的实际情况，测设钢塔架基础中心桩。中心桩测定后，一般采用十字线法或平行基线法进行控制，控制桩应根据中心桩测定。







（2）架空输电线路钢塔之间的弧垂综合误差不应超过确定的裕度值，对于一段架空输电线路，其测量视距长度不宜超过 400m。在大跨越档距之间，通常采用电磁波测距法或解析法测量。

口诀：打垮慈禧



▶考点四：轻小型起重设备

轻小型起重设备可分为：千斤顶、滑车、起重葫芦、卷扬机四大类。

口诀：卷起千斤车



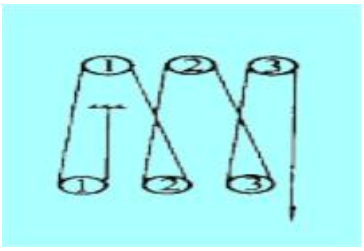
▶考点五：起重滑车的使用要求

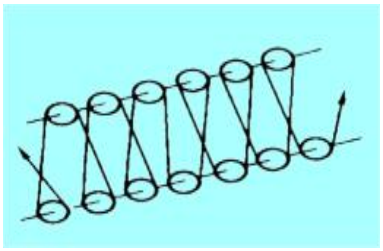
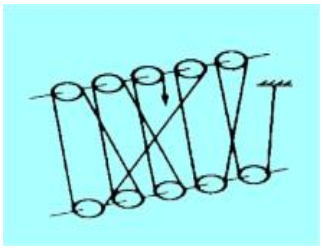
（1）多轮滑车仅使用其部分滑轮时，滑车的起重能力应按使用的轮数与滑车全部轮数的比例进行折减。

（2）滑车组动、静滑车的最小距离不得小于 1.5m；跑绳进入滑轮的偏角不宜大于 5°。

（3）根据滑轮组的门数确定其穿绕方法，常用的穿绕方法有：顺穿（单头顺穿、双跑头顺穿）、花穿（小花穿、大花穿）。当滑车的门数超过 5 时，跑绳应采用双抽头方式。若采用花穿的方式，应适当加大上、下滑轮之间的净距。一般 3 门及以下宜采用顺穿；4～6 门宜采用花穿；7 门以上宜采用双跑头顺穿。

口诀：3 顺有 7 双石榴花鞋



▶考点六：流动式起重机的使用要求

1. 起重机选用的基本参数

基本参数：吊装载荷、额定起重量、最大幅度、最大起升高度等。

口诀：吊鹅起伏

（1）吊装载荷

吊装载荷包括被吊物（设备或构件）的重量（包括加固件的重量）、索（吊）具重量、吊钩重量以及从臂架头部垂下至吊钩的起升钢丝绳重量。



（2）吊装计算载荷（变动）

①吊装计算载荷（简称计算载荷），为吊装机具所承受的载荷与载荷系数的乘积。

②对于单台起重机吊装设备，计算起重机的载荷时，因在起重机设计时已考虑动载对起重机的影响，故计算载荷等于吊装载荷，不需考虑动载影响。

③双机抬吊时，计算每台起重机承受的载荷不需考虑动载影响，但应考虑不平衡的影响，计入动载荷系数（不均衡载荷系数）。



在进行吊索受力、桅杆起重机或缆索起重机设计计算时应考虑动载和不平衡的影响。

$$Q_j=k_1\times k_2\times Q$$

式中 Q_j——计算载荷；

K_1——动载荷系数；

K_2——不均衡载荷系数；

Q——分配到一台起重机的吊装载荷，包括设备及索（吊）具重量。

④动载荷系数 k_1

由于起重机械在吊装重物的运动过程中所产生的对起重机械负载的影响而计入的系数。一般取动载荷系数 $K_1=1.1$。

⑤不均衡载荷系数 k_2

起重吊装工程中，两台及以上起重机械共同抬吊一个重物时，以不均衡载荷系数计入其影响。一般取不均衡载荷系数 $K_2=1.1\sim1.25$。

（3）额定起重量

①起重机在选定的臂长和回转半径下的最大起重量。

②采用多台起重机抬吊时，多台起重机抬吊所受合力不应超过各台起重机单独操作的额定载荷。一般双主吊抬吊时，每台起重机的负载率不得超过其额定起重量的 80%。

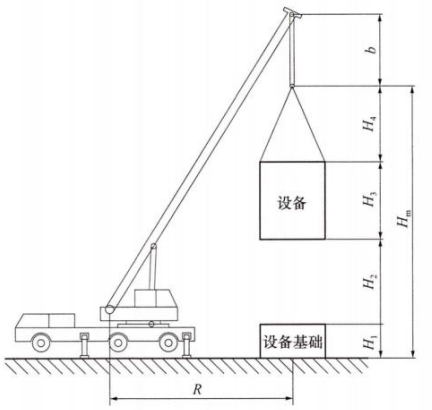
（4）幅度

幅度即起重机回转中心至吊钩或取物装置之间的水平距离。

（5）起升高度（变动）

设备吊装所需最小起升高度应满足下式要求：

$$H_m > H_1+H_2+H_3+H_4$$



H_m——设备吊装所需最小起升高度（m）；

H_1——设备基础或地脚螺栓高度（m）；

H_2——设备腾空高度（就位时设备底部高出地脚螺栓或基础的距离）（m）；

H_3——吊点至设备底部的距离（m）；

H_4——吊点至起重机吊钩的垂直距离（m）；

b——吊钩与起重机臂头滑轮组间的安全距离（m）。

▶考点七：起重吊装作业失稳的原因及预防措施

起重机械的失稳	①主要原因：超载、支腿不稳定、机械故障、起重臂杆仰角超限等。 ②预防措施：严禁超载；打好支腿并用道木和钢板垫实和加固，确保支腿稳定；严格进行机械检查；起重臂杆仰角最大不超过 78°，最小不低于 45°。 记忆技巧：45678，没有 6
吊装系统的失稳	①主要原因：多机吊装的不同步；不同起重能力的多机吊装荷载分配不均；多动作、多岗位指挥协调失误，桅杆系统缆风绳、地锚失稳。 ②预防措施：多机吊装时尽量采用同机型、吊装能力相同或相近的吊车，并通过主副指挥来实现多机吊装的同步；通过计算机控制来实现多吊点的同步；制定周密指挥和操作程序并进行演练，达到指挥协调一致；缆风绳和地锚严格按吊装方案和工艺计算设置，设置完成后进行检查并做好记录。
被吊设备或构件的失稳	①主要原因：设计与吊装时受力不一致，设备或构件的刚度偏小。 ②预防措施：对于细长、大面积设备或构件采用多吊点吊装；对薄壁设备进行加固加强；对型钢结构、网架结构的薄弱部位或杆件进行加固或加大截面，提高其刚度。

▶考点八：吊装方案实施（新增）

1. 吊装方案交底

（1）一般在施工准备阶段进行技术交底。

（2）吊装技术负责人或方案编制人向参与吊装的有关人员，如项目负责人、工程指挥、起重班组全

部工人、配合工种的班长或骨干、质量安全、设备管理人员等进行技术交底。

（3）方案交底以吊装方案的内容和设计图纸为依据，重点讲解工程特点、吊装程序、工艺方法、技术关键和安全措施。

（4）方案交底常以讲解方式为主，并辅以书面方式。

2. 试验和试吊

（1）在重大设备吊装前，应对新设计制作的桅杆等吊装机械、自制的吊梁、吊具等机具进行起重能力试验，以确定其最大负荷能力。如埋置式地锚的拉力试验、基础的承压试验、卷扬机的运转和制动试验等。

（2）在试吊中对一些重要的吊装环节、部位均须设专人进行观察和监护，特别要注意异常情况的发生。试吊的时间不宜过长，一般控制在 10min 左右。试吊时设备离开地面的距离不应超过 100mm。

▶考点九：焊接气体分类

焊接用保护气体：二氧化碳（CO_2）、氩气（Ar）、氦气（He）、氮气（N_2）、氧气（O_2）和氢气（H_2）。

口诀：氢弹还痒，保护二亚

▶考点十：焊接工艺评定

1. 焊接工艺评定作用

（1）焊接工艺评定是为验证所拟定的焊接工艺正确性而进行的试验过程及结果评价。记载验证性的数据结果，对拟定的焊接工艺进行评价的报告称为焊接工艺评定报告。焊接工艺评定应在本单位进行。由本单位操作技能熟练的焊接人员使用本单位设备焊接试件。

（2）验证施焊单位拟定焊接工艺的正确性，并评定施焊单位在限制条件下，焊接成合格接头的能力。依据焊接工艺评定报告编制焊接作业指导书，用于指导焊工施焊和焊后热处理工作，一个焊接工艺评定报告可用于编制多个焊接作业指导书。一个焊接作业指导书可以依据一个或多个焊接工艺评定报告编制。

▶考点十一：焊接工艺评定规则（新增）

按照《承压设备焊接工艺评定》NB/T47014—2011，把所有焊接工艺参数分为重要因素、补加因素和次要因素三种。

（1）凡是重要因素变化的情况都需要进行重新评定，

如焊接方法、母材分类、母材厚度、焊丝类别、预热、焊后热处理、保护气体种类、电流种类和极性等变化都可以成为重要因素。

（2）当有冲击韧性要求时，补加因素就上升为重要因素，

如线能量、平焊改立焊、多道焊改为单道焊等，反之则下降为次要因素。

（3）次要因素变化则无需进行再次评定，

如坡口形式尺寸、焊丝规格、保护气体流量等，但需要重新编制焊接工艺规程。

第 3 章　建筑机电工程施工技术

▶考点一：设备施工程序（新增）

（1）水泵施工程序：开箱检查→基础验收→减振装置安装→水泵就位→找正找平→配管及附件安装→检查验收。

（2）不锈钢水箱施工程序：基础验收→吊装就位→找平找正→配管及附件安装→压力试验（满水试验）→检查验收。

▶考点二：建筑给水排水与供暖管道常用的连接方法

连接方法	适用范围
螺纹连接	管径小于或等于 100mm 的镀锌钢管，多用于明装管道。钢塑复合管
法兰连接	直径较大的管道，以及需要经常拆卸、检修的管段上
焊接连接	非镀锌钢管，多用于暗装管道和直径较大的管道
沟槽连接（卡箍连接）	直径大于或等于 100mm 的镀锌钢管或钢塑复合管，也可用于大于 50mm 的消火栓架空管道
卡套式连接	铝塑复合管、铜管
卡压连接	薄壁不锈钢给水管道
热熔连接	无规共聚聚丙烯（PPR）和聚乙烯（PE）等塑料管道施工
承插连接	给水及排水铸铁管及管件的连接
粘接连接	硬聚氯乙烯（PVC-U）管道的连接
电熔连接	聚乙烯（PE）和高密度聚乙烯（HDPE）管道的连接

口诀：汉朝卡卡罗兰成年电热

▶考点三：建筑给水排水与供暖管道施工技术要求

1. 进场验收

建筑阀门	进行强度和严密性试验
工业阀门	进行壳体压力试验和密封试验

口诀：监督严，公鸭疯

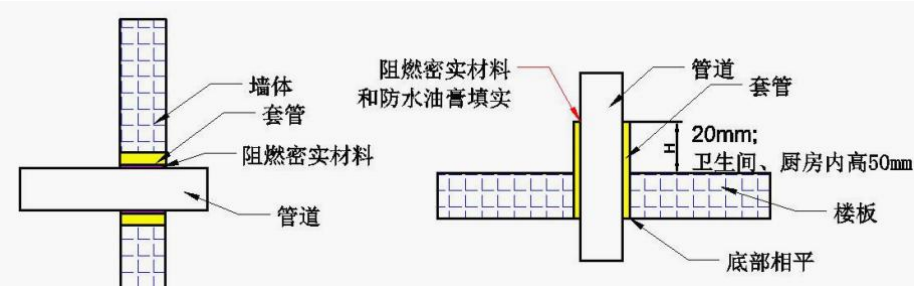
试验应在每批（同牌号、同型号、同规格）数量中抽查 10%，且不少于 1 个。安装在主干管上起切断作用的阀门，应逐个做强度试验和严密性试验。

阀门的强度试验压力为公称压力的 1.5 倍，严密性试验压力为公称压力的 1.1 倍。

散热器进场时	应对其单位散热量、金属热强度等性能进行复验
绝热材料进场时	应对其导热系数或热阻、密度、吸水率等性能进行复验； 口诀：热导密吸 复验应为见证取样检验。 同厂家、同材质的绝热材料，复验次数不得少于 2 次

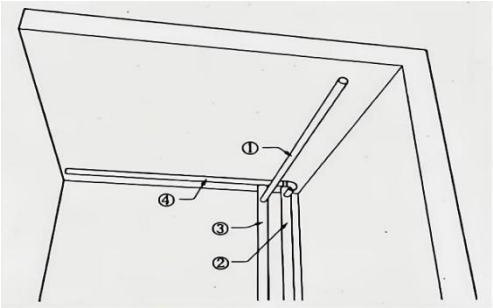
2. 预留、预埋

管道穿过楼板时	应设置金属或塑料套管。 安装在楼板内的套管，其顶部应高出装饰地面 20mm， 安装在卫生间及厨房内的套管，其顶部应高出装饰地面 50mm， 底部应与楼板底面相平， 套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料和防水油膏填实，且端面应光滑
管道穿过墙壁时	应设置金属或塑料套管。 套管两端应与饰面相平， 套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料填实，且端面应光滑

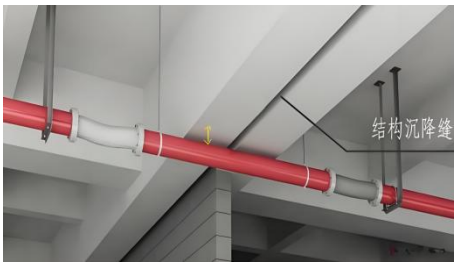


3. 管道安装

（1）管道安装一般应按先主管后支管、先上部后下部、先里后外的原则进行安装。对于不同材质的管道应先安装钢质管道，后安装塑料管道。



（2）管道穿过结构伸缩缝、抗震缝及沉降缝敷设时，应在结构缝两侧采取柔性连接，在通过结构缝处做成方形补偿器或设置伸缩节。







（3）供暖管道安装坡度

汽、水同向流动的热水供暖管道 汽、水同向流动的蒸汽管道及凝结水管道	坡度应为 3‰，不得小于 2‰
汽、水逆向流动的热水供暖管道 汽、水逆向流动的蒸汽管道	坡度不应小于 5‰
散热器支管	坡度应为 1%

记忆技巧：2+3+5=10



（4）高层建筑的雨水系统要考虑管材的承压能力，一般采用承压管材。例如：

高层建筑的雨水系统	采用镀锌焊接钢管
超高层建筑的雨水系统	采用镀锌无缝钢管
高层和超高层建筑的重力流雨水管道系统	采用球墨铸铁管

▶考点四：器具/设备试验

散热器	组对后，以及整组出厂的散热器在安装之前应做水压试验。试验压力如设计无要求时应为工作压力的 1.5 倍，但不小于 0.6MPa；试验时间为 2～3min，压力不降且不渗不漏
供暖分汽缸（分水器、集水器）	安装前应进行水压试验，试验压力为工作压力的 1.5 倍，但不得小于 0.6MPa
敞口水箱	安装前应做满水试验，静置 24h 观察，应不渗不漏
密闭水箱（罐）	安装前应以工作压力的 1.5 倍做水压试验，试验压力下 10min 应压力不降、不渗不漏

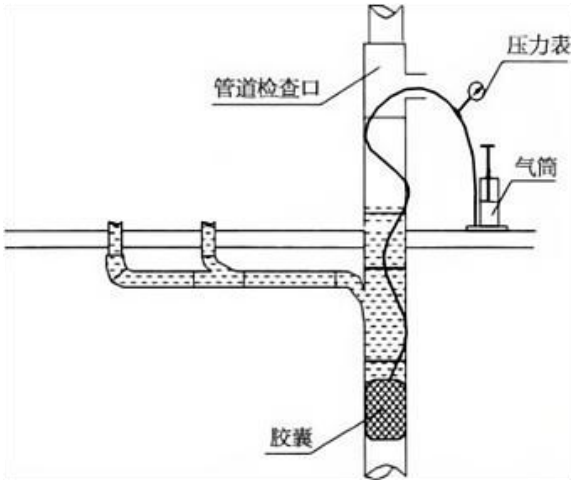
▶考点五：管道系统试验

1. 灌水试验

室内隐蔽或埋地的排水管道在隐蔽前必须做灌水试验。

灌水高度应不低于底层卫生器具的上边缘或底层地面高度。

检验方法为满水 15min 水面下降后，再灌满观察 5min，液面不降，管道及接口无渗漏为合格。



2. 通球试验

排水主立管及水平干管管道均应做通球试验，通球球径不小于排水管道管径的 2/3，通球率必须达到 100%。

▶考点六：配电柜（开关柜、控制柜）安装

1. 基础型钢框架安装

配电柜基础型钢框架安装应平直，型钢框架露出地面（完成面）高度宜为 10mm；手车式柜体的基础型钢框架宜与地面齐平；型钢框架的两端应与接地干线焊接牢固。



2. 柜体安装

配电柜相互间及与基础框架间应用镀锌螺栓连接固定，且防松零件齐全。

配电柜安装垂直度允许偏差不应大于 1. 5‰，柜间缝隙允许偏差不应大于 2mm，相邻两柜面允许偏差不应大于 1mm。（变动）



3. 柜体接地

配电柜及基础型钢应与保护接地导体可靠连接，柜门和金属框架的接地应选用截面积不小于 4mm² 的绝缘铜芯软导线连接，并有接地标识。



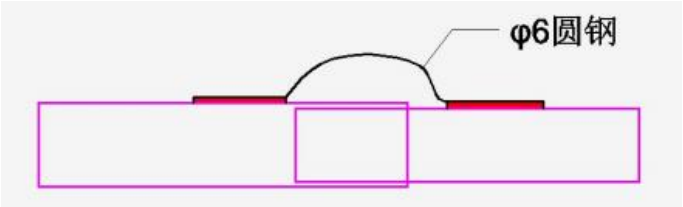
▶考点七：导管施工技术要求

当两个接线盒间只有一个弯曲时	弯曲半径不宜小于管外径的 4 倍
明配导管	弯曲半径不宜小于管外径的 6 倍
暗配导管	弯曲半径不应小于管外径的 6 倍
当线路埋设于地下或混凝土内时	弯曲半径不应小于管外径的 10 倍

口诀：一 4 明暗 6，地下 10

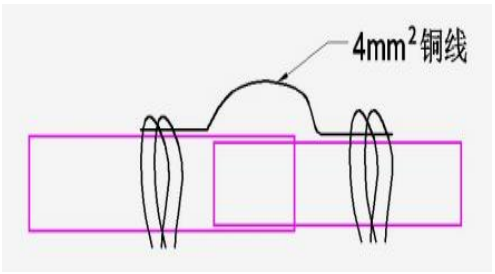


（1）非镀锌钢导管采用螺纹连接时，连接处的两端应熔焊焊接保护联结导体；保护联结导体宜为圆钢，直径不应小于 6mm，其搭接长度应为圆钢直径的 6 倍。



（2）镀锌钢导管（可弯曲金属导管、金属柔性导管）连接处的两端宜用专用接地卡固定保护联结导体；保护联结导体应为铜芯软导线，截面积不应小于 4mm²。按每个检验批的导管连接头总数的 10%进行抽查，且不得少于 1 处。





（3）刚性导管经柔性导管与设备、器具连接时，柔性导管的长度在动力工程中不宜大于 0.8m，在照明工程中不宜大于 1.2m。金属柔性导管不应做保护导体的接续导体。



▶考点八：导线和电缆敷设要求

管内导线敷设要求	（1）绝缘导线穿入金属导管的管口在穿线前应装设护线口。 （2）绝缘导线接头不得设置在导管和槽盒内，应设置在专用接线盒或器具内，接线盒的设置位置应便于检修。 （3）同一交流回路的绝缘导线不应穿于不同金属导管内。 （4）不同回路、不同电压等级和交流与直流线路的绝缘导线不应穿于同一导管内。 （5）导线敷设后，应用 500V 兆欧表测试绝缘电阻，线路绝缘电阻不应小于 0.5MΩ。
槽盒内导线敷设要求	（1）同一交流回路的绝缘导线不应敷设于不同的金属槽盒内。 （2）同一槽盒内不宜同时敷设绝缘导线和电缆。 （3）同一路径无抗干扰要求的线路，可敷设于同一槽盒内。 （4）槽盒内的绝缘导线总截面积（包括外护套）不应超过槽盒内截面积的 40%。

▶考点九：电气照明施工技术

1. 照明配电箱安装要求

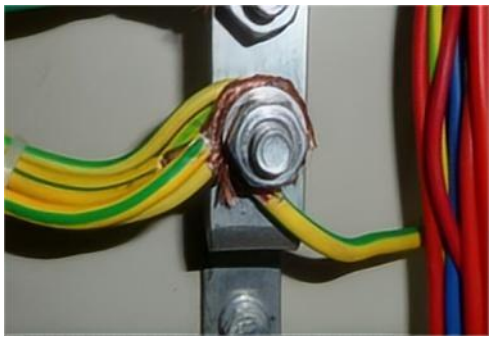
（1）箱体及内部绝缘隔板应采用不燃材料制作。箱内宜分别设置中性导体（N）和保护接地导体（PE）汇流排；N 或 PE 汇流排的同一端子上不应连接不同回路的 N 或 PE。

（2）照明配电箱安装牢固，安装高度应符合设计要求，垂直度允许偏差不应大于 1.5‰。





（3）照明配电箱配线应整齐、无绞接现象；同一电器的接线端子上的导线连接不应多于 2 根，且防松垫圈等零件应齐全。回路编号应齐全，标识应正确清晰。





2. 灯具安装

（1）灯具检查

①灯具内部导线应为铜芯绝缘导线，导线截面应与灯具功率相匹配，且截面积不应小于 0.5mm²；灯具内导线的绝缘层厚度不应小于 0.6mm。

②I 类灯具的外露可导电部分应具有专用的 PE 端子，并有接地标识。

③灯具的绝缘性能应进行现场抽样检测，灯具的绝缘电阻值不应小于 2MΩ。

④消防应急灯具应获得消防产品型式试验合格评定，且具有认证标志。

（2）灯具安装固定

①吸顶或墙面上安装的灯具，其固定螺栓或螺钉不应少于 2 个，灯具应紧贴饰面。灯具固定应牢固可靠，在砌体和混凝土结构上严禁使用木榫、尼龙塞或塑料塞固定；检查时，按每检验批的不同安装形式各抽查 5%，且各不得少于 1 套。



②质量大于 10kg 的灯具、固定装置及悬吊装置应按灯具重量的 5 倍恒定均布载荷做强度试验，且持续时间不得少于 15min。施工或强度试验时观察检查，查阅灯具固定装置及悬吊装置的载荷强度试验记录；应全数检查。

▶考点十：通风与空调风系统的施工技术

1. 风管等级类别

风管压力等级的划分

等级类别	风管工作压力 P（Pa）	
	管内正压	管内负压
微压	P≤125	P≥-125
低压	125<P≤500	-500≤P<-125
中压	500<P≤1500	-1000≤P<-500
高压	1500<P≤2500	-2000≤P<-1000

2. 风管制作技术

（1）镀锌钢板板材的镀锌层不应低于 80g/m² 。

（2）金属风管规格以外径或外边长为准，非金属风管和风道规格以内径或内边长为准。

（3）风管与配件的制作宜选用机械加工方式。

（4）金属风管板材的拼接采用咬口连接、铆接、焊接连接等方法，风管与风管连接采用法兰连接、薄钢板法兰连接等。风管板材拼接的咬口缝应错开，不得有十字形拼接缝。



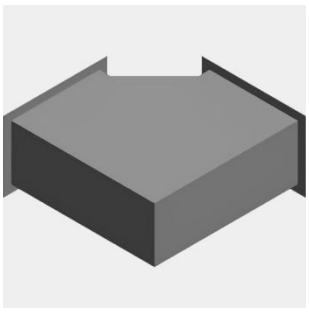


镀锌钢板及含有各类复合保护层的钢板应采用咬口连接或铆接，不得采用焊接连接。

板厚小于或等于 1. 2mm 的风管与角钢法兰连接时，应采用翻边铆接；中、低压系统矩形风管法兰螺栓及铆钉间距应小于等于 150mm，高压系统应小于等于 100mm。

排油烟系统采用不锈钢风管法兰连接时，法兰应采用不锈钢材质，风管与法兰应采用满焊，防止油烟泄漏、串味和火灾发生。

（5）矩形内斜线和内弧形弯头应设导流片，以减少风管局部阻力和噪声。




3. 风管系统的安装技术

（1）风管安装前应清理安装部位或操作场所中的杂物，并检查风管及其配件的制作质量、风管支吊架的制作与安装质量。

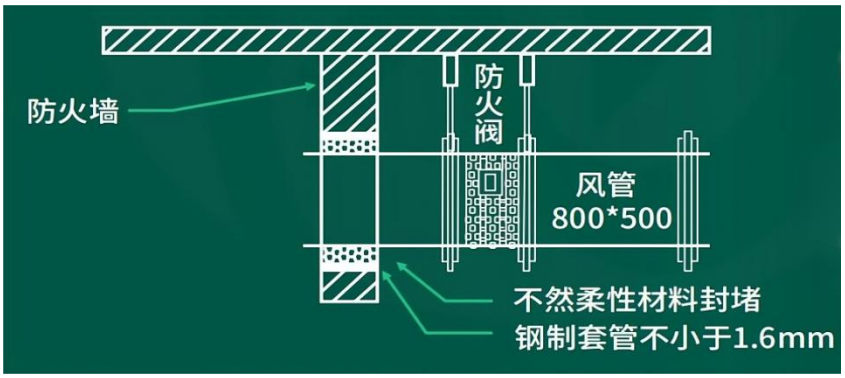
例如：切断支、吊、托架的型钢及其开螺孔应采用机械加工，不得用电气焊切割；支、吊架不宜设置在风口、阀门、检查门及自控装置处。

（2）风管连接采用的密封材料应满足系统功能的技术条件。

例如：防排烟系统或输送温度高于 70℃的空气或烟气，应采用耐热橡胶板或不燃的耐温、防火材料；输送含有腐蚀介质的气体，应采用耐酸橡胶板或软聚氯乙烯板。

（3）风管安装就位的程序通常为先上层后下层、先主干管后支管、先立管后水平管。

（4）当风管穿过封闭的防火、防爆的墙体或楼板时，必须设置厚度不小于 1.6mm 的钢制防护套管，风管与防护套管之间应采用不燃柔性材料封堵严密。穿墙套管与墙体两侧平齐，穿楼板套管底端与楼板底面平齐，顶端应高出楼板面 30mm。



（5）风管内严禁其他管线穿越。

（6）输送含有易燃、易爆气体或安装在易燃、易爆环境的风管系统必须设置可靠的防静电接地装置；输送含有易燃、易爆气体的风管系统通过生活区或其他辅助生产房间时不得设置接口。室外风管系统的拉索等固定件严禁与避雷针或避雷网连接。

（7）风管的连接应平直，接口不得安装在墙内或楼板内，不锈钢板风管与碳素钢支架的接触处，应采取隔绝或防腐绝缘措施。

（8）风阀安装方向应正确、便于操作、启闭灵活。边长（直径）大于或等于 630mm 的防火阀或边长（直径）大于 1250mm 的弯头和三通应设置独立的支吊架。

（9）消声器、静压箱安装时，应单独设置支吊架，固定牢固。

4. 风管的检验与试验

（1）风管批量制作前，对风管制作工艺进行检测或检验时，应进行风管强度与严密性试验。如强度试验压力，

低压风管	为 1.5 倍的工作压力
中压风管	为 1.2 倍的工作压力，且不低于 750Pa
高压风管	为 1.2 倍的工作压力

排烟、除尘、低温送风及变风量空调系统风管的严密性试验应符合中压风管的标准，试验压力为风管系统的工作压力。

风管在试验压力保持 5min 及以上时间时，风管的咬口、接缝或其他连接处无开裂和张口等永久性变

形及损伤为合格。

严密性试验压力为系统工作压力。

（2）风管系统安装完成后，应对安装后的主、干风管分段进行严密性试验。严密性试验主要检验风管、部件制作加工后的咬口缝、铆接孔、风管的法兰翻边、风管管段之间的连接严密性，检验合格后方能交付下道工序。

口诀：猫妖法管

▶考点十一：空调水系统的施工技术

（1）管道穿楼板和墙体处应设置钢制套管。设置在墙体内的套管应与墙体两侧饰面相平，设置在楼板的套管，其底部与楼板底部平齐，顶部应高出装饰面 20～50mm，且不得将套管作为管道支撑。当穿越防火分区时，应采用不燃材料进行防火封堵；保温管道与套管四周的缝隙应使用不燃材料堵塞紧密。

（2）冷（热）水管道与支吊架之间，应设置衬垫以防止冷桥产生。衬垫的承压强度应满足管道全重，且应采用不燃与难燃硬质绝热材料或经防腐处理的木衬垫。

（3）冷凝水排水管的坡度应符合设计要求。当设计无要求时，管道坡度宜大于或等于 8‰，且应坡向出水口。

（4）设有补偿器的管道应设置固定支架和导向支架；管道系统水压试验后，应及时松开波纹补偿器调整螺杆上的螺母，使补偿器处于自由状态。

（5）空调冷冻、冷却水管道系统安装完毕，外观检查合格后，应按设计要求进行水压试验（分为强度试验和严密性试验）。当设计无要求时，应符合下列要求：冷（热）水、冷却水与蓄能（冷、热）系统的强度试验压力，

当工作压力小于或等于 1.0MPa 时	金属管道及金属复合管道应为 1.5 倍工作压力，最低不应小于 0.6MPa
当工作压力大于 1.0MPa 时	应为工作压力加 0.5MPa

口诀：小乘大加

严密性试验压力为设计工作压力。

（6）凝结水系统进行通水试验，应以不渗漏、排水畅通为合格。

（7）水系统管道试验合格后，与制冷机组、空调设备连接前，应进行管道系统冲洗。

（8）制冷剂管道系统安装完毕、外观检查合格后，应进行强度、气密性和抽真空试验。

▶考点十二：通风与空调设备安装技术

（1）冷却塔的安装位置应符合设计要求，进风侧距建筑物应大于 1000mm。冷却塔安装应水平，同一冷却水系统多台冷却塔安装时，各台开式冷却塔的水面高度应一致，高度偏差不应大于 30mm。

（2）风机盘管机组进场时，应对机组的供冷量、供热量、风量、水阻力、功率及噪声等性能进行见证取样检验。

口诀：冷热风水造功

同一厂家的风机盘管机组按数量复验 2%，且不得少于 2 台。

安装前宜进行风机三速试运行及盘管水压试验，试验压力应为系统工作压力的 1.5 倍，试验观察时间应为 2min，不渗漏为合格。

▶考点十三：通风与空调系统的调试和检测

（1）系统非设计满负荷条件下的联合试运行及调试应在设备单机试运行合格后进行。通风系统的连续试运行应不少于 2h，空调系统带冷（热）源的连续试运行应不少于 8h。联合试运行及调试不在制冷期或供暖期时，仅做不带冷（热）源的试运行及调试，并在第一个制冷期或供暖期内补做。

（2）系统非设计满负荷条件下的联合试运行及调试内容：

①监测与控制系统的检验、调整与联动运行。

②系统风量的测定和调整（通风机、风口、系统平衡）。

③空调水系统的测定和调整。

④室内空气参数的测定和调整。

⑤防排烟系统的测定和调整。防排烟系统需测定风量、风压及疏散楼梯间等处的静压差，并调整至符合设计与消防的规定。

口诀：控烟空风水

（3）系统非设计满负荷条件下的联合试运行及调试技术要求包括：

①系统总风量调试结果与设计风量的允许偏差应为-5%～+10%，各风口的风量与设计风量的允许偏差不应大于 15%；建筑内各区域的压差均应符合设计要求。

②空调冷（热）水系统、冷却水系统总流量与设计流量的偏差不应大于 10%，定流量系统的各空气处理机组的水流量允许偏差应为 15%。

▶考点十四：净化空调系统的施工技术

1. 洁净风管制作技术

（1）风管及部件制作完成后，用无腐蚀性清洗液将内表面清洗干净，干燥后经检查达到要求即进行封口，安装前再拆除封口。清洗后立即安装的可不封口。

（2）加工镀锌钢板风管应避免损坏镀锌层，如有损坏应做防腐处理。风管不得有横向接缝，应尽量减少纵向拼接缝。矩形风管边长不大于 800mm 时，不得有纵向接缝。风管的所有咬口缝、翻边处、铆钉处均必须涂密封胶。

2. 洁净风管系统安装技术

风管连接处必须严密，法兰垫料应采用不产尘和不易老化的弹性材料，严禁在垫料表面刷涂料，法兰垫片宜减少拼接，且不得采用直缝对接连接。

3. 高效过滤器安装技术

（1）高效过滤器安装前，洁净室的内装修工程必须全部完成，系统中末端过滤器前的所有空气过滤器应安装完毕，且经全面清扫、擦拭，系统连续试运行 12h 以上。（变动）

（2）高效过滤器应在安装现场拆开包装，其外层包装不得带入洁净室，但其最内层包装必须在洁净室内方能拆开。

4. 净化空调系统调试技术

净化空调系统的检测和调整应在系统正常运行 24h 及以上，达到稳定后进行。工程竣工洁净室（区）洁净度的检测，应在空态或静态下进行。检测时，室内人员不宜多于 3 人，并应穿着与洁净室等级相适应

的洁净工作服。

▶考点十五：线缆施工的一般要求（新增）

（1）弱电线缆和电力电缆平行敷设时，其间距不得小于 0.3m；弱电线缆与电力电缆交叉敷设时，宜成直角；多芯线缆的最小弯曲半径应大于其外径的 6 倍。

（2）弱电线缆应单独穿管敷设；当低电压供电时，弱电线缆可与电源线同管敷设。

（3）明敷的弱电线缆与具有强磁场、强电场的电气设备之间的净距离宜大于 1.5m；当采用屏蔽线缆或穿金属保护管或在金属封闭线槽内敷设时，宜大于 0.8m。

（4）在沟内敷设时，应敷设在支架上或线槽内。弱电线缆在沟内支架上敷设时，弱电线缆应敷设在最下层支架。





（5）梯架（托盘）内线缆固定要求：

垂直敷设时	在线缆的上端和每间隔 1.5m 处应进行固定
水平敷设时	在线缆的首、尾、转弯及每间隔 5～10m 处应进行固定

应根据线缆的类别、数量、缆径、芯数分束绑扎，绑扎间距不宜大于 1.5m。



▶考点十六：电梯的组成

（1）曳引式电梯组成

由机房、井道、轿厢、层站四大部分组成。

口诀：曾经鸡叫

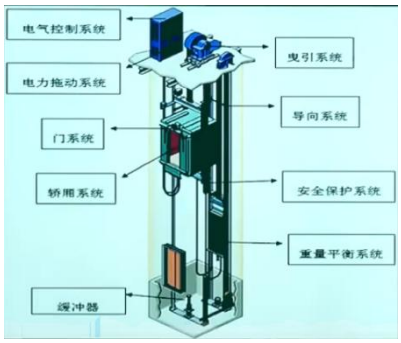


从系统功能划分来看，由曳引系统、导向系统、轿厢系统、门系统、重量平衡系统、驱动系统、控制系统和安全保护系统等组成。

口诀：平安夜去捣空轿门

（2）液压电梯组成

由泵站及液压系统、导向系统、轿厢系统、门系统、电气控制系统、安全保护系统等组成。



▶考点十七：曳引式电梯安装

1. 土建交接验收

（1）建设单位、监理单位、土建施工单位、电梯安装单位应共同参与对电梯井道和机房的检查，对电梯土建工程进行交接验收。每层楼面应有最终完成的地面基准标识，多台并列电梯应提供厅门口装饰基准线标识。

（2）轿厢缓冲器支座下的底坑地面应能承受满载轿厢静载 4 倍的作用力。




（3）厅门预留孔必须设有高度不小于 1200mm 的安全保护围封（安全防护门），采用左右开启方式，不能上下开启，应有足够的强度，保护围封下部应有高度不小于 100mm 的踢脚板，机房通向井道的预留孔应设置临时盖板。

（4）电源的中性线和接地线应分开，接地电阻值不应大于 4Ω。




（5）机房应设置电气照明，在机房入口处设置照明电源开关。井道内设置永久电气照明，照明电压宜采用 36V 安全电压，井道内照度不得小于 50lx，在井道最高点和最低点 0.5m 各装一盏灯，中间灯间距

不超过 7m，并分别在机房和底坑设置控制开关。



2. 电梯设备进场验收

检查设备随机文件，包括土建布置图，产品出厂合格证，门锁装置、限速器、安全钳及缓冲器等保证电梯安全部件的型式检验证书复印件，设备装箱单，安装、使用维护说明书，动力电路、控制电路与安全电路的电气原理图。

3. 驱动主机安装

（1）驱动主机承重梁应采用钢板制作，钢板厚度不应小于 20mm，承重梁埋入建筑结构承重墙内的长度宜超过墙中心 20mm，且不应小于 75mm。承重梁安装完毕后应自检，然后上报监理单位组织验收，验收合格后承重梁两端支撑处用混凝土浇筑固定。



（2）主机安装完毕后，所有旋转部件外侧均应涂成黄色，并标明电梯运行方向的箭头及文字说明。

（3）驱动主机制动器动作应灵活，间隙调整符合设计要求，手动释放制动器的操作部件应涂成红色。

（4）电梯空载或满载时，曳引轮安装后的垂直度误差应在 2mm 以内。

▶考点十八：消防给水及消火栓系统施工技术要求

（1）消防水泵出水管上应安装消声止回阀、控制阀和压力表；系统的总出水管上还应安装压力表和压力开关；安装压力表时应加设缓冲装置。



（2）地下式消火栓顶部进水口或顶部出水口应正对井口。顶部进水口或顶部出水口与消防井盖底面的距离不应大于 0. 4m。



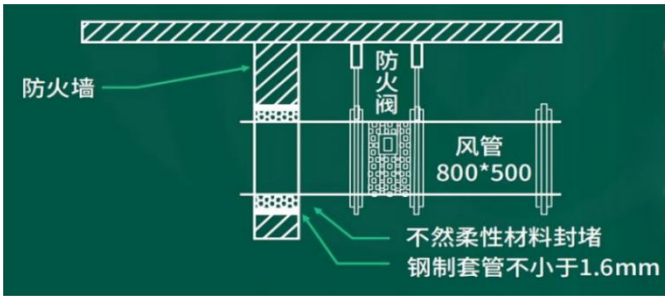
（3）室内消火栓栓口不应安装在门轴侧，栓口中心距地面应为 1. 1m。

（4）室内消火栓安装完成后，应取屋顶层（或水箱间内）试验消火栓和首层取两处消火栓做试射试验，达到设计要求为合格。



▶考点十九：防排烟系统施工技术要求

（1）排烟防火阀的安装方向、位置应正确，阀门应顺气流方向关闭。防火分区隔墙两侧的防火阀，距墙表面不应大于 200mm。排烟防火阀应设独立的支吊架。



（2）防排烟风机应设在混凝土或钢架基础上，且不应设置减振装置；若排烟系统与通风空调系统共用且需要设置减振装置时，不应使用橡胶减振装置。

（3）风管系统安装完成后，应进行严密性检验；排烟风管的允许漏风量应按中压系统风管确定。

▶考点二十：火灾自动报警及消防联动设备的施工技术要求

（1）各类管路暗敷时，应敷设在不燃结构内，且保护层厚度不应小于 30mm。

（2）火灾自动报警线应单独布线，穿入金属管内或金属线槽内。

（3）控制与显示类设备应与消防电源、备用电源直接连接，不应使用电源插头。





（4）对于安装点型感烟（感温）火灾探测器、一氧化碳火灾探测器，探测器至墙壁、梁边的水平距离不应小于 0. 5m；探测器周围 0. 5m 内不应有遮挡物；探测器至空调送风口边的水平距离不应小于 1. 5m；至多孔送风口的水平距离不应小于 0. 5m。







第 4 章　工业机电工程安装技术

▶考点一：机械设备安装的一般程序

开箱检查→基础验收→测量放线→垫铁设置→吊装就位→安装调整→设备固定与灌浆→零部件清洗与装配→润滑与加油→设备试运行→工程验收。

口诀：香叶放点就调酱，另加食盐

▶考点二：典型零部件的装配

1. 螺纹连接件装配

有预紧力要求的螺纹连接。常用的紧固方法有：定力矩法、测量伸长法、液压拉伸法、加热伸长法。

口诀：巨神也热

2. 过盈配合件装配

一般采用压入装配、低温冷装配和加热装配法，在安装现场主要采用加热装配法。

口诀：热冷鸭

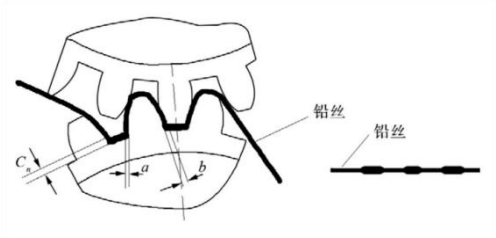


3. 齿轮装配

（1）齿轮装配时，齿轮基准面端面与轴肩或定位套端面应靠紧贴合，且用 0.05mm 塞尺检查不应塞入；基准端面与轴线的垂直度应符合传动要求。

（2）用压铅法检查齿轮啮合间隙时，铅丝直径不宜超过间隙的 3 倍，铅丝的长度不应小于 5 个齿距，沿齿宽方向应均匀放置至少 2 根铅丝。

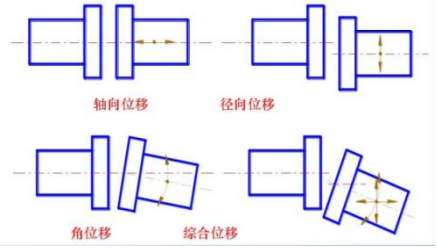
口诀：2 根 3 倍 5 齿距



4. 联轴器装配

联轴器装配时，两轴心径向位移、两轴线倾斜和端面间隙的测量方法：





（1）将两个半联轴器暂时互相连接，在圆周上画出对准线或装设专用工具，可采用塞尺直接测量、塞尺和专用工具测量或百分表和专用工具测量。

（2）将两个半联轴器一起转动，应每转 90° 测量一次，并记录 5 个位置的径向位移测量值和位于同一直径两端测点的轴向测量值。

（3）测量联轴器端面间隙时，应将两轴的轴向相对施加适当的推力，消除轴向窜动的间隙后，再测量其端面间隙值。

5. 轴承装配

（1）对开式滑动轴承的装配

装配内容：轴承清洗、检查、刮研、装配、间隙和压紧力的调整。





①轴瓦刮研

厚壁轴瓦	一般先刮下瓦，后刮上瓦； 刮研应在设备精平后进行，刮研时应将轴上所有零件装上
薄壁轴瓦	与轴径的配合间隙及接触状况由机械加工保证， 其接触面不宜刮研

②瓦背与轴承座孔的接触要求、上下轴瓦中分面的接合情况、轴瓦内孔与轴颈的接触点数，应符合随机技术文件规定。对于厚壁轴瓦，在未拧紧螺栓时，用 0.05mm 塞尺从外侧检查上下轴瓦接合面，任何部位塞入深度应不大于接合面宽度的 1/3；对于薄壁轴瓦，在装配后，在中分面处用 0.02mm 的塞尺检查，不应塞入。

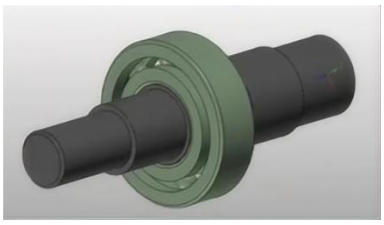
口诀：薄 2 齿 5 均不入，厚 5 入 3 分

③轴承间隙的测量及调整

间隙	测量方法
顶间隙	用压铅法检查，铅丝直径不宜大于顶间隙的 3 倍
侧间隙	用塞尺进行测量，单侧间隙应为顶间隙的 1/2～2/3（变动）
轴向间隙	将轴推至极限位置，用塞尺或千分表测量

（2）滚动轴承装配

①装配方法有压力装配法和温差法两种。采用压力装配法装配时，压入力应通过专用工具或在固定圈上垫以软金属棒、金属套传递，不得通过轴承的滚动体和保持架传递压入力；采用温差法装配时，应均匀地改变轴承的温度，轴承的加热温度不应高于 120℃，冷却温度不应低于−80℃。

②轴承外圈与轴承座孔在对称于中心线 120° 范围内、与轴承盖孔在对称于中心线 90° 范围内应均匀接触，且用 0.03mm 的塞尺检查时，塞尺不得塞入轴承外圈宽度的 1/3。

③轴承装配后应转动灵活。采用润滑脂的轴承，应在轴承 1/2 空腔内加注规定的润滑脂；采用稀油润滑的轴承，不应加注润滑脂。

▶考点三：垫铁的设置要求

（1）每个地脚螺栓旁边至少应有一组垫铁，并应设置在靠近地脚螺栓和底座主要受力部位的下方。

（2）设备底座有接缝处的两侧，应各设置一组垫铁，每组垫铁的块数不宜超过 5 块。

（3）放置平垫铁时，厚的宜放在下面，薄的宜放在中间，垫铁的厚度不宜小于 2mm。

（4）垫铁端面应露出设备底面外缘，平垫铁宜露出 10～30mm，斜垫铁宜露出 10～50mm，垫铁组伸入设备底座底面的长度应超过设备地脚螺栓的中心。

（5）除铸铁垫铁外，设备调整完毕后各垫铁相互间应用定位焊焊牢。

▶考点四：影响设备安装精度的因素

因素	对安装精度的影响
设备基础	强度和沉降
地脚螺栓	紧固力和垂直度
垫铁埋设	承载面积和接触情况
设备灌浆	强度和密实度
测量误差	仪器精度、基准精度、技能水平和责任心
设备制造与装配	设备制造精度和装配精度
	①装配精度将直接影响设备的运行质量。 ②装配精度包括：各运动部件之间的相对运动精度、配合面之间的配合精度和接触质量。 ③各运动部件之间的相对运动精度包括：直线运动精度、圆周运动精度、传动精度等。 口诀：相对直圆传，配合接 ④设备基准件的安装精度包括标高差、水平度、铅垂度、直线度、平行度等。 设备基准件的安装精度影响：设备各部件间的相互位置精度和相对运动精度。
环境因素	设备基础温度变形、设备温度变形和恶劣环境场所

口诀：两罐鸡脚装铁环

▶考点五：引起偏差的主要原因

（1）补偿温度变化所引起的偏差

例如：汽轮机、干燥机在运行中通蒸汽，其温度比与之连接的发电机、鼓风机、电动机高。

调整两轴心径向位移时	运行中温度高的一端（汽轮机、干燥机）应低于温度低的一端
调整两轴线倾斜时	上部间隙应小于下部间隙
调整两端面间隙时	选择较大值

（2）补偿受力所引起的偏差

（3）补偿使用过程中磨损所引起的偏差

（4）相互补偿设备安装精度偏差

▶考点六：基本识别色

根据管道所输送介质的一般性能，基本识别色可分为八类。

例如：水是艳绿色，水蒸气是大红色，空气是淡灰色，气体是中黄色，酸或碱是紫色，可燃液体是棕色，其他液体是黑色，氧是淡蓝色。

口诀：只见蓝氧黑夜燃烧棕黄气，蒸红水绿灰空气

▶考点七：工业阀门检验

阀门外观检查。阀体应完好，开启机构应灵活，阀杆应无歪斜、变形、卡涩现象，标牌应齐全。

建筑阀门	进行强度和严密性试验
工业阀门	进行壳体压力试验和密封试验

口诀：监督严，公鸭疯

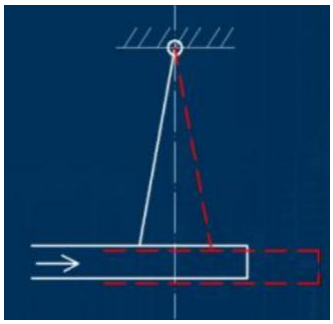
阀门壳体压力试验和密封试验应以洁净水为介质，不锈钢阀门试验时，水中的氯离子含量不得超过25ppm。

建筑阀门	阀门的强度试验压力为公称压力的 1.5 倍，严密性试验压力为公称压力的 1.1 倍
工业阀门	阀门的壳体试验压力为阀门在 20℃时最大允许工作压力的 1.5 倍，密封试验为阀门在 20℃时最大允许工作压力的 1.1 倍

试验持续时间不得少于 5min，无特殊规定时，试验温度为 5～40℃。低于 5℃时，应采取升温措施。

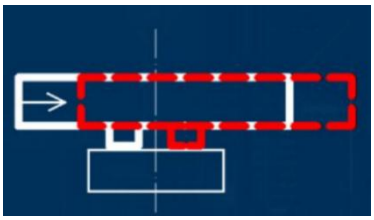
▶考点八：支吊架安装

无热位移的管道	吊杆应垂直安装
有热位移的管道	吊点应于位移的相反方向偏置，设计文件无规定时，按位移值的 1/2 偏位安装。 两根有热位移的管道不得使用同一吊杆



（1）固定支架应按设计文件要求或标准图安装，并应在补偿器预拉伸或预压缩之前固定。没有补偿装置的冷、热管道直管段上，不得同时安装 2 个及 2 个以上的固定支架。

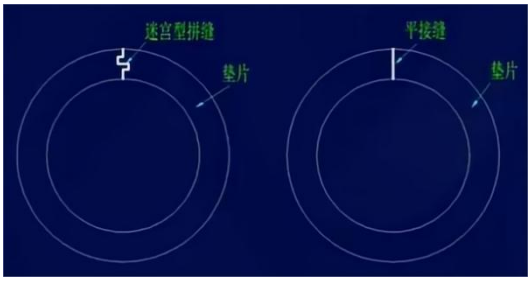
（2）导向支架或滑动支架的滑动面应洁净平整，不得有歪斜和卡涩现象；有热位移的管道，支架安装位置应从支承面中心向位移反方向偏移，设计文件无规定时，偏移量应为位移值的 1/2，绝热层不得妨碍其位移。

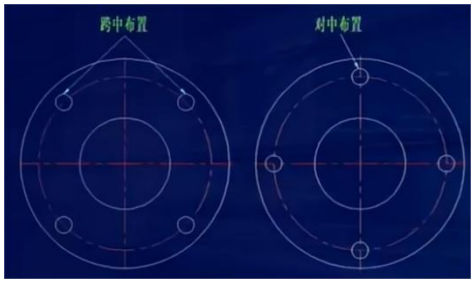


▶考点九：管道连接与敷设

（1）管道连接时，不得强力对口，端面的间隙、偏差、错口或不同心等缺陷不得采用加热管子、加偏垫等方法消除。

（2）管道采用法兰连接时，法兰密封面及密封垫片不得有划痕、斑点等缺陷；大直径密封垫片需要拼接时，应采用斜口搭接或迷宫式拼接，不得采用平口对接；法兰螺栓孔应跨中布置；法兰连接应与钢制管道同心，螺栓应能自由穿入；法兰平面之间应保持平行，法兰接头的歪斜不得用强紧螺栓的方法消除；法兰连接应使用同一规格螺栓，安装方向应一致，螺栓应对称紧固。





（3）自由状态下法兰的平行度和同轴度应符合设计要求。管道与动设备最终连接时，应在联轴器上架设百分表监视动设备的位移。管道试压、吹扫和清洗合格后，应对该管道与机器的接口进行复位检验。

▶考点十：工业管道试验

1. 管道试验的主要类型

根据管道系统不同的使用要求，管道试验主要有压力试验、泄漏性试验和真空度试验。

口诀：公鸭写真



2. 管道试验应具备的条件

（1）试验范围内的管道安装工程已按设计图纸全部完成，安装质量符合设计及有关标准规定。管道的防腐和绝热在试验前可部分完成或不完成，但焊缝和管道的待检部位在试验前不得进行防腐、绝热。

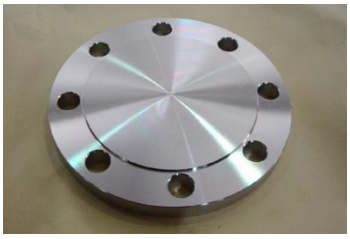
（2）试验方案已经过批准，并已进行了技术和安全交底；压力试验所需的液体、气体等试验介质已准备充足。

（3）在压力试验前，相关资料已经建设单位和有关部门复查，包括管道元件的质量证明文件、管道

元件的检验或试验记录、管道加工和安装记录、焊接检查记录、检验报告和热处理记录、管道轴测图、设计变更及材料代用文件。

（4）管道上的膨胀节已设置了临时约束装置或采用临时短管代替；管道上的安全阀、爆破片及仪表元件等已经拆下或已隔离。待试管道与无关系统已用盲板或其他隔离措施隔开。管道已按试验方案进行了加固。





（5）试验用压力表已经校验并在检验周期内，其精度不得低于 1.6 级，表的满刻度值应为被测最大压力的 1.5～2 倍，压力表不得少于 2 块。其中至少 1 块压力表安装于液位最高点，且以安装于液位最高点的压力表读数为准。

3. 管道压力试验

（1）管道压力试验技术要求

①压力试验以液体或气体为介质时，应对管道逐步加压到试验压力，以检验管道的强度和严密性。压力试验在管道安装完毕、热处理和无损检测合格后进行。

②压力试验应以液体为试验介质。当管道的设计压力小于或等于 0.6MPa 时，也可采用气体为试验介质，但应采取可靠、有效的安全措施。

③脆性材料严禁使用气体进行压力试验。压力试验温度严禁接近金属材料的脆性转变温度。

④试验过程发现泄漏时，不得带压处理。消除缺陷后应重新进行试验。

⑤试验结束后，应及时拆除盲板、膨胀节临时约束装置。

⑥试验介质的排放应符合环保要求。

⑦压力试验完毕，不得在管道上进行修补或增添物件。当在管道上进行修补或增添物件时，应重新进行压力试验。经设计或建设单位同意，对采取了预防措施并能保证结构完好的小修和增添物件，可不重新进行压力试验。

（2）管道液压试验

①液压试验应使用洁净水，对不锈钢管、镍及镍合金管道，或对连有不锈钢管、镍及镍合金管道或设备的管道，水中氯离子含量不得超过 25ppm（25×10^{-6}）。

②试验前，注入液体时应排尽空气。

③水压试验时环境温度不宜低于 5℃，当环境温度低于 5℃时，应采取防冻措施。

承受内压的地上钢管道及有色金属管道	试验压力应为设计压力的 1.5 倍
埋地钢管道	试验压力应为设计压力的 1.5 倍，且不得低于 0.4MPa

（3）管道气压试验

气压试验具有释放压缩气体能量的危险，必须特别注意使气压试验时脆性破坏的可能性降至最低，同时采取严格的安全保护措施。

①承受内压钢管及有色金属管道的试验压力应为设计压力的 1.15 倍，真空管道的试验压力应为 0.2MPa。

②试验介质应采用干燥洁净的空气、氮气或其他不易燃和无毒的气体。

③试验时应装设压力泄放装置，其设定压力不得高于试验压力的 1.1 倍。

④试验前，应用空气进行预试验，试验压力宜为 0.2MPa。

（4）管道泄漏性试验

泄漏性试验是以气体为介质，在设计压力下，采用发泡剂、显色剂、气体分子感测仪或其他手段检查管道系统中泄漏点的试验。

①输送极度和高度危害介质以及可燃介质的管道，必须进行泄漏性试验。

②泄漏性试验应在压力试验合格后进行，试验介质宜采用空气。

③泄漏性试验压力为设计压力。

④泄漏性试验可结合试车一并进行。

⑤泄漏性试验应逐级缓慢升压，当达到试验压力并且停压 10min 后，采用涂刷中性发泡剂或采用显色剂、气体分子感测仪等其他方法，巡回检查阀门填料函、法兰或螺纹连接处、放空阀、排气阀、排净阀等所有密封点应无泄漏。

口诀：法空罗汉排气净

⑥经气压试验合格且在试验后未经拆卸过的管道可不进行泄漏性试验。

（5）管道真空度试验

真空度试验是对管道系统抽真空，检测管道系统在规定时间内的增压率，以检验管道系统的严密性。

真空系统在压力试验合格后，还应按设计文件规定进行 24h 的真空度试验，增压率不应大于 5%。

▶考点十一：管道吹扫与清洗

1. 管道吹扫与清洗的基本技术要求

（1）管道在压力试验合格后应对指定的管道用气体进行吹扫，或用液体进行清洗。

（2）管道吹扫与清洗方法，应根据管道的使用要求、工作介质、系统回路、现场条件及管道内表面的脏污程度确定。

公称直径大于或等于 600mm 的液体或气体管道	宜采用人工清理
公称直径小于 600mm 的液体管道	宜采用水冲洗
公称直径小于 600mm 的气体管道	宜采用压缩空气吹扫
蒸汽管道	应采用蒸汽吹扫
非热力管道	不得采用蒸汽吹扫

（3）吹扫与清洗的顺序应按主管、支管、疏排管依次进行。

（4）吹扫与清洗时应设置禁区和警戒线，悬挂警示牌。

（5）管道吹洗合格后，应由施工单位会同建设单位或监理单位检查确认，并填写“管道系统吹扫与清洗检查记录”及“管道隐蔽工程（封闭）记录”。

2. 水冲洗、空气吹扫、蒸汽吹扫

水冲洗	（1）水冲洗应使用洁净水。冲洗不锈钢、镍及镍合金钢管道时，水中氯离子含量不得超

	过 25ppm。 （2）水冲洗流速不得低于 1.5m/s，冲洗压力不得超过管道的设计压力。 （3）水冲洗排放管的截面积不应小于被冲洗管截面积的 60%，排水时不得形成负压。 （4）水冲洗应连续进行，当设计无规定时，排出口的水色和透明度应与入口处目测一致。
空气吹扫	（1）宜利用工厂生产装置的大型空压机或大型储气罐进行间断性吹扫。吹扫压力不得大于系统容器和管道的设计压力，吹扫流速不宜小于 20m/s。 （2）空气吹扫时，应在排气口设置贴有白布或涂刷白色涂料的木制靶板检验，吹扫 5min 后靶板上无铁锈、尘土、水分及其他杂物即为合格。
蒸汽吹扫	（1）蒸汽管道吹扫前，管道系统的绝热工程应已完成。 （2）蒸汽管道应以大流量蒸汽进行吹扫，流速不小于 30m/s；吹扫前先进行暖管、及时疏水，暖管时应检查管道的热位移，有异常时应及时处理。 （3）蒸汽吹扫应按加热、冷却、再加热的顺序循环进行，宜采取每次吹扫一根、轮流吹扫的方法。

记忆技巧：1.5×20=30

▶考点十二：变压器安装技术

1. 变压器运输

（1）充干燥气体运输的变压器，油箱内的气体压力应保持在 0.01～0.03MPa，干燥气体露点必须低于-40℃，始终保持为正压力，并设置压力表进行监视。

（2）机械牵引变压器时，牵引着力点应在变压器重心以下，运输倾斜角不得超过 15°，并采取防滑、防溜措施，牵引速度不应超过 2m/min。

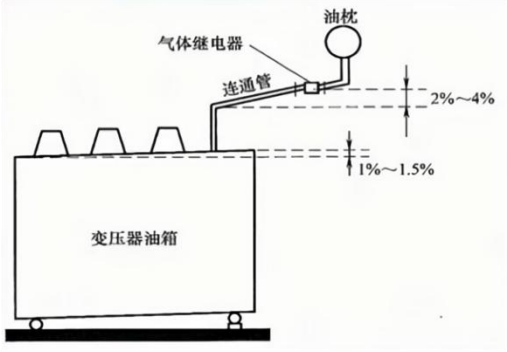
2. 吊装就位

（1）变压器吊装时，钢丝绳必须挂在油箱的吊钩上，变压器顶盖上部的吊环仅作吊芯检查用，严禁用此吊环吊装整台变压器。





（2）装有气体继电器的变压器，应使变压器顶盖沿气体继电器的气流方向有 1.0%～1.5%的升高坡度。



3. 吊芯检查

（1）油浸式电力变压器是否需要吊芯检查，应根据变压器的大小、制造厂规定、存放时间、运输过

程中有无异常和建设单位要求来确定。

（2）吊芯时的吊索与铅垂线的夹角不宜大于 30°，器身不得与箱壁有接触。器身检查完毕后，必须用合格的变压器油进行冲洗。

4. 变压器交接试验

（1）绝缘油试验

（2）SF_6 气体含水量检验

（3）绕组连同套管的直流电阻测量

（4）绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比测量

（5）绕组连同套管的交流耐压试验

（6）铁芯及夹件的绝缘电阻测量

（7）分接开关电压比检查

（8）变压器三相连接组别检查

5. 变压器送电试运行

（1）变压器第一次投入时，可全压冲击合闸，冲击合闸宜由高压侧投入。变压器应进行 5 次空载全压冲击合闸，每次间隔时间宜为 5min，应无异常情况；全电压冲击合闸时，励磁涌流不应引起保护装置的误动作。

（2）试运行要注意冲击电流，空载电流，一、二次电压，温度，并做好试运行记录。

（3）变压器空载运行 24h，无异常情况，方可投入负荷运行。

▶考点十三：电动机的干燥处理

（1）电动机的干燥处理可采用外部加热干燥法或电流加热干燥法。

（2）干燥时不允许用水银温度计测量温度，应用酒精温度计、电阻温度计或温差热电偶。

口诀：电温酒

（3）电动机干燥时的温度应缓慢上升，一般每小时的温升控制在 5～8℃。干燥中要严格控制温度，在规定范围内，干燥最高允许温度应按绝缘材料的等级来确定，一般铁芯和绕组的最高温度应控制在 70～80℃。定时测量并记录绕组的绝缘电阻、绕组温度、干燥电源的电压和电流、环境温度。当电动机绝缘电阻达到规范要求，在同一温度下经 5h 稳定不变后认定干燥完毕。

▶考点十四：电力电缆线路施工技术

1. 电缆保护管施工要求

（1）电缆保护管一般采用钢管，钢管内径大于电缆外径的 1.5 倍。



2. 电缆（本体）敷设要求

（1）按设计和实际路径计算每根电缆的长度，合理安排每盘电缆。

（2）电缆切断后应在 4h 之内进行封头；塑料绝缘电力电缆应有防潮的封端；油浸纸质绝缘电力电缆必须铅封；充油电缆切断处必须高于邻近两侧电缆。

（3）电缆敷设顺序：

①应从电缆集中点（配电室、控制室）向电缆分散点（车间、设备）敷设；

②到同一终点的电缆最好是一次敷设；

③先敷设线路长、截面大的电缆，后敷设线路短、截面小的电缆；

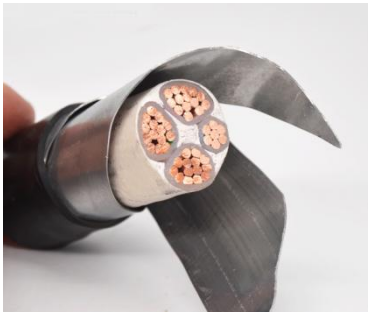
④先敷设电力、动力电缆，后敷设控制、通信电缆。

（4）电缆应从电缆盘上端拉出施放。施放时必须每隔 1.5～2m 放置滑轮一个，电缆从电缆盘上端拉出后放在滑轮上，不得把电缆放在地上拖拉。

（5）用机械牵引敷设电缆时，应缓慢前进，一般速度不超过 15m/min，牵引头必须加装钢丝套。长度在 300m 以内的大截面电缆，可直接绑住电缆芯线牵引。

3. 电缆直埋敷设要求

（1）直埋电缆应使用铠装电缆，铠装电缆的金属保护层要可靠接地，接地电阻不得大于 10Ω。



（2）电缆沟的沟深一般为 0.9m，沟底是松软土时，可直接敷设电缆；如果沟底有石块或硬质杂物要铺设 100mm 厚的软土或细沙。一般电缆埋深应不小于 0.7m，穿越农田时应不小于 1m。电缆敷设后，上面要铺 100mm 厚的软土或细沙，再盖上混凝土保护板、警示带，覆盖宽度应超过电缆两侧以外各 50mm，覆土分层夯实。

（3）直埋电缆的中间接头应有防止机械损伤的保护盒（环氧树脂接头盒除外），盒下面应垫以混凝土基础板，长度要伸出接头保护盒两端 600～700mm。

（4）直埋电缆在直线段每隔 50～100m 处、电缆接头处、转弯处、进入建筑物等处应设置明显的方位标志或标桩。

4. 电力电缆的交接试验

电力电缆的交接试验：测量绝缘电阻、交流耐压试验、测量直流电阻、直流耐压试验及泄漏电流测量、线路相位检查等。

口诀：两阻两压箱漏

例如：6kV 以上的橡塑电缆，应做交流耐压试验或直流耐压试验及泄漏电流测试；1kV 及以下的橡塑电缆应用 2500V 兆欧表测试绝缘电阻代替耐压试验，电缆绝缘电阻无明显变化，并做好记录。

▶考点十五：自动化仪表安装原则

自动化仪表施工的原则	先土建后安装；先地下后地上；先安装设备再配管布线；先两端后中间
仪表设备安装应遵循的原则	先里后外；先高后低；先重后轻
仪表调校应遵循的原则	先取证后校验；先单校后联校；先单回路后复杂回路；先单点后网络

▶考点十六：自动化仪表取源部件安装要求

取源部件：在被测对象上为安装连接检测元件所设置的专用管件。



1. 取源部件安装的一般规定

（1）取源部件的安装，应在工艺设备制造或工艺管道预制、安装的同时进行。

（2）安装取源部件的开孔与焊接必须在工艺管道或设备的防腐、衬里、吹扫和压力试验前进行。

（3）在高压、合金钢、有色金属的工艺管道和设备上开孔时，应采用机械加工的方法。

（4）在砌体和混凝土浇筑体上安装的取源部件应在砌筑或浇筑的同时埋入，当无法做到时，应预留安装孔。

（5）安装取源部件时，不应在焊缝及其边缘上开孔及焊接。

（6）当设备及管道有绝热层时，安装的取源部件应露出绝热层外。

（7）取源阀门与设备或管道的连接不宜采用卡套式接头。

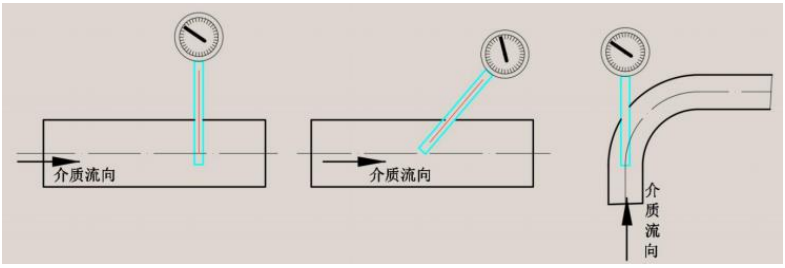
（8）取源部件安装完毕后，应与设备和管道同时进行压力试验。

2. 温度取源部件安装要求

（1）温度取源部件的安装位置：要选在介质温度变化灵敏和具有代表性的地方，不宜选在阀门等阻力部件的附近和介质流束呈现死角处以及振动较大的地方。

（2）温度取源部件与管道的安装要求：

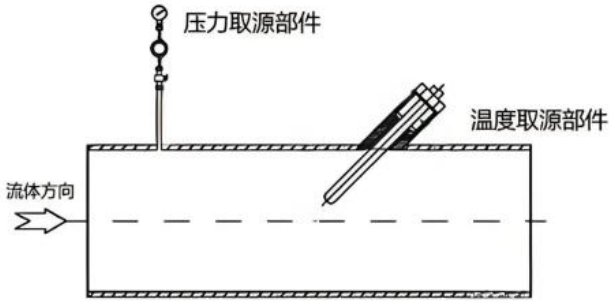
温度取源部件与管道垂直安装时	取源部件轴线应与管道轴线垂直相交
在管道的拐弯处安装时	宜逆着物料流向，取源部件轴线应与管道轴线相重合
与管道呈倾斜角度安装时	宜逆着物料流向，取源部件轴线应与管道轴线相交



3. 压力取源部件安装要求

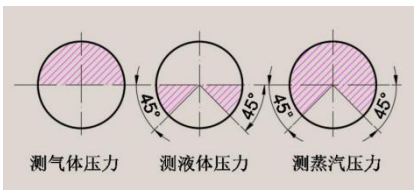
（1）压力取源部件的安装位置应选在被测物料流束稳定的位置。

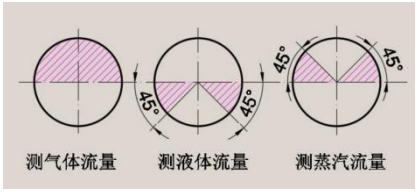
（2）压力取源部件与温度取源部件在同一管段上时，压力取源部件应安装在温度取源部件的上游侧。



压力取源部件	①测量气体压力时，取压点的方位在管道的上半部。 ②测量液体压力时，取压点的方位在管道的下半部与管道的水平中心线成 0°～45° 夹角的范围内。 ③测量蒸汽压力时，取压点的方位在管道的上半部，或者下半部与管道水平中心线成 0°～45° 夹角的范围内。
流量取源部件	①测量气体流量时，取压口应在管道的上半部。 ②测量液体流量时，取压口应在管道的下半部与管道水平中心线成 0°～45° 夹角的范围内。 ③测量蒸汽时，取压口应在管道的上半部与管道水平中心线成 0°～45° 夹角的范围内。

口诀：气上液下半，蒸加（压）牛（流）角弯

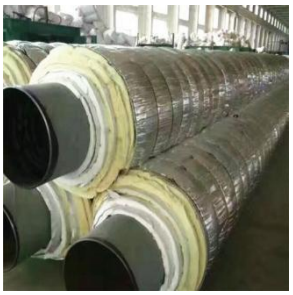




▶考点十七：绝热层施工技术要求

1. 厚度和宽度

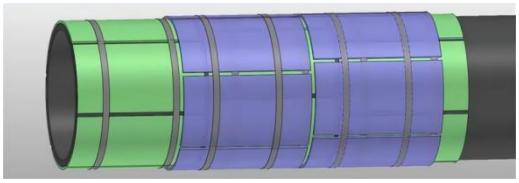
（1）当采用一种绝热制品，保温层厚度大于或等于 100mm，保冷层厚度大于或等于 80mm 时，应分为两层或多层逐层施工，各层的厚度宜接近。



（2）硬质或半硬质绝热制品的拼缝宽度，当作为保温层时，不应大于 5mm；当作为保冷层时，不应大于 2mm。

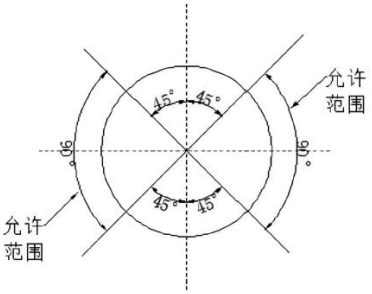
2. 接缝

（1）绝热层施工时，同层应错缝，上下层应压缝，其搭接的长度不宜小于 100mm。



（2）水平管道的纵向接缝位置，不得布置在管道垂直中心线 45°范围内。

（3）绝热层各层表面均应做严缝处理。



3. 伸缩缝及膨胀间隙的留设要求

（1）设备或管道采用硬质绝热制品时，应留设伸缩缝。

（2）两固定管架间水平管道绝热层的伸缩缝，至少应留设一道。

（3）立式设备及垂直管道，应在支承件、法兰下面留设伸缩缝。

（4）弯头两端的直管段上，应各留一道伸缩缝；当两弯头之间的间距较小时，其直管段上的伸缩缝可根据介质温度确定仅留一道或不留设伸缩缝。

（5）球形容器的伸缩缝，必须按设计规定留设。当设计对伸缩缝的做法无规定时，浇注或喷涂的绝热层可用嵌条留设。

（6）伸缩缝留设的宽度，设备宜为 25mm，管道宜为 20mm。

（7）保温层的伸缩缝，应采用矿物纤维毡条、绳等填塞严密，并应捆扎固定。高温设备及管道保温层的伸缩缝外，应再进行保温。

（8）保冷层的伸缩缝，应采用软质绝热制品填塞严密或挤入发泡型胶粘剂，外面应用 50mm 宽的不干性胶带粘贴密封。保冷层的伸缩缝外应再进行保冷。

（9）多层绝热层伸缩缝的留设：中、低温保温层的各层伸缩缝，可不错开；保冷层及高温保温层的各层伸缩缝，必须错开，错开距离应大于 100mm。

4. 捆扎法施工

（1）捆扎间距：

硬质绝热制品	不应大于 400mm
半硬质绝热制品	不应大于 300mm
软质绝热制品	宜为 200mm

（2）每块绝热制品上的捆扎件不得少于两道；对有振动的部位应加强捆扎。

（3）不得采用螺旋式缠绕捆扎。

（4）双层或多层绝热层的绝热制品，应逐层捆扎，并应对各层表面进行找平和严缝处理。

5. 硬质绝热制品铺覆

不允许穿孔的硬质绝热制品，钩钉位置应布置在制品的拼缝处；钻孔穿挂的硬质绝热制品，其孔缝应

采用矿物棉填塞。

▶考点十八：金属储罐正装法

外搭脚手架正装法	脚手架随罐壁板升高而逐层搭设； 采用吊车吊装壁板。 适合于大型和特大型储罐，便于自动焊作业
内挂脚手架正装法	采用吊车吊装壁板； 每组对一圈壁板，就在壁板内侧沿圆周挂上一圈三脚架，在三脚架上铺设跳板，组成环形作业平台，作业人员即可在平台上组对安装上一层壁板； 一台储罐施工宜用 2～3 层作业平台，从下至上交替使用




▶考点十九：钢结构安装

1. 钢结构紧固连接要求

（1）抗滑移试验：钢结构制作和安装单位，应分别进行高强度螺栓、连接摩擦面的抗滑移系数试验；当高强度螺栓连接节点按承压型连接或张拉型连接进行强度设计时，可不进行摩擦面抗滑移系数的试验。

（2）高强度螺栓连接要求：

①高强度螺栓连接处的摩擦面采用手工砂轮打磨时，打磨方向应与受力方向垂直，且打磨范围不应小于螺栓孔径的 4 倍。

②高强度螺栓连接处的摩擦面采用生锈处理方法时，安装前应以细钢丝刷垂直于构件受力方向除去摩擦面上的浮锈。

③高强度螺栓连接摩擦面应保持干燥、清洁，不应有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等，且不得在摩擦面上做钢印标记。

2. 钢结构安装要求

（1）多节柱安装时，每节柱的定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层柱的轴线引上，避免造成过大的累积误差。

（2）吊车梁和吊车桁架安装就位后不应下挠。

（3）钢网架结构总拼完成后及屋面工程完成后应分别测量其挠度值，且所测的挠度值不应超过相应设计值的 1.15 倍。





▶考点二十：汽轮发电机设备的安装技术要求

1. 汽轮机的组成

汽轮机主要由汽轮机本体设备、蒸汽系统设备、凝结水系统设备、给水系统设备和其他辅助设备组成。

口诀：本证宁给猪

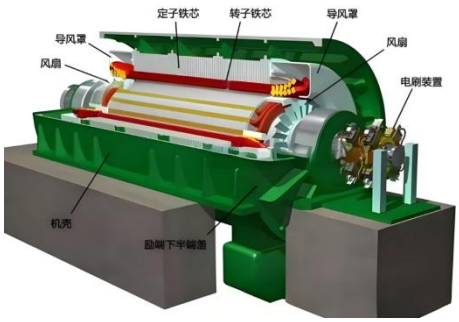
其中汽轮机本体主要由静止部分和转动部分组成。

静止部分	汽缸、喷嘴组、隔板（套）、汽封、轴承及紧固件等
转动部分	动叶栅、叶轮、主轴、联轴器、盘车器、止推盘、机械危急保安器等

2. 发电机的组成

汽轮发电机主要由定子和转子两部分组成。

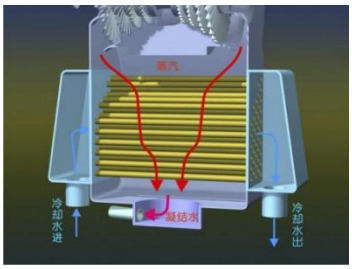
发电机定子	主要由机座、定子铁芯、定子绕组、端盖等部分组成 口诀：绕铁盖坐定
发电机转子	主要由转子锻件、励磁绕组、护环、中心环和风扇等组成



3. 汽轮机主要设备的安装技术要点

（1）凝汽器安装技术要点：

凝汽器组装完成后，汽侧应进行灌水试验，灌水高度应在汽封注窝以下 100mm，维持 24h 应无渗漏。



（2）转子安装技术要点：

①转子安装可以分为：转子吊装、转子测量和转子、汽缸找中心。

口诀：掉厕中



②转子测量应包括轴颈椭圆度和不柱度的测量、转子跳动测量（径向、端面和推力盘瓢偏度）、转子弯曲度测量、联轴器端面止口配合间隙测量。

口诀：椭圆不止跳舞曲



4. 电站汽轮机的安装技术要求

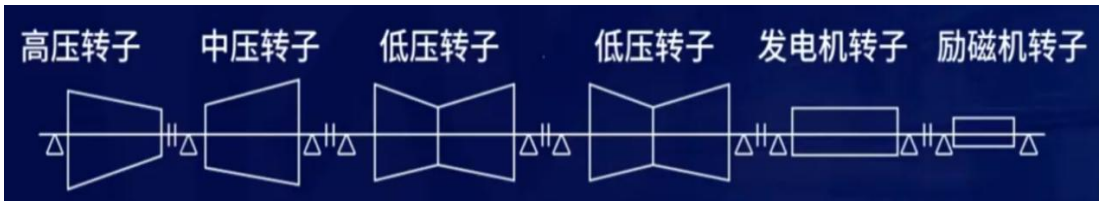
（1）低压缸组合安装技术要点：组合时汽缸找中心的基准可以用激光、拉钢丝、假轴、转子等，目前多采用拉钢丝法。

口诀：基拉假转



（2）轴系对轮中心的找正：轴系对轮中心找正主要是对高中压对轮中心、中低压对轮中心、低压对轮中心和低压转子—电转子对轮中心的找正。

口诀：高中弟弟店



（3）在轴系对轮中心找正时，首先，要以低压转子为基准；其次，对轮找中心通常都以全实缸状态进行调整。

（4）轴系中心找正要进行多次，即：轴系初找，汽缸扣盖前的复找，基础二次灌浆前的复找，基础二次灌浆后的复找，轴系联结时的复找。

口诀：初凝前后，扣盖联结

▶考点二十一：发电机安装技术要求

（1）发电机安装程序

发电机安装程序：定子就位→定子及转子水压试验→发电机穿转子→氢冷器安装→端盖、轴承、密封瓦调整安装→励磁机安装→对轮复找中心并连接→整体气密性试验等。

口诀：旧水船，请盖茨夫妻



（2）发电机安装技术要点

①发电机转子穿装技术要点。发电机转子穿装前进行单独气密性试验。待消除泄漏后，应再进行漏气量试验，试验压力和允许漏气量应符合制造厂规定。

②发电机转子穿装。发电机转子穿装，不同的机组有不同的穿转子方法，常用的方法有滑道式方法、接轴的方法、用后轴承座作平衡重量的方法、用两台跑车的方法等。

口诀：两后华尔街

第 5 章　相关法规

▶考点一：用电手续的规定

（1）申请新装用电、临时用电、增加用电容量、变更用电和终止用电，应当依照规定的程序办理手续。

口诀：心灵假辫子

（2）用户申请新装或增加用电时，应向供电企业提供用电工程项目批准的文件及有关的用电资料。包括用电地点、电力用途、用电性质、用电设备、用电设备清单、用电负荷、保安电力、用电规划等。

口诀：单点画荷，图质设保

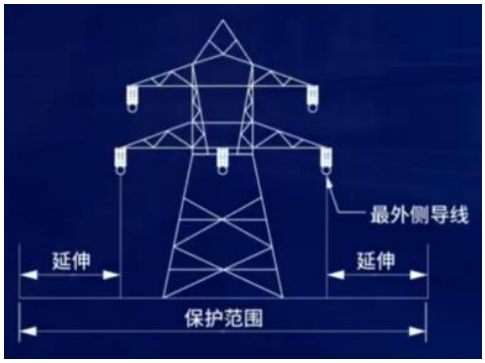
（3）供电企业对已受理的用电申请，应尽快确定供电方案，在以下期限内正式书面通知用户。低压用户不超过 3 个工作日，高压单电源用户不超过 10 个工作日，高压双电源用户不超过 20 个工作日。若不能如期确定供电方案时，供电企业应当向用户说明原因。用户对供电企业答复的供电方案有不同意见时，应当在 1 个月内提出意见，双方可以再行协商确定。

（4）供电方案的有效期是指从供电方案正式通知书发出之日起至交纳供电贴费并受电工程开工日为止。高压供电方案的有效期为一年，低压供电方案的有效期为 3 个月。用户遇有特殊情况，需延长供电方案有效期的，应当在有效期到期前 10 日内向供电企业提出申请，供电企业应当视情况予以办理延长手续，但延长时间不得超过前款规定期限。

▶考点二：电力线路的保护区

（1）各级电压导线的边线延伸距离

电压（kV）	延伸距离（m）
1～10	5
35～110	10
154～330	15
500	20



（2）不得取土的范围

电压（KV）	禁止取土范围（m）
35	4
110～220	5
330～500	8

▶考点三：特种设备的种类

特种设备包括锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施、压力管道元件、安全附件、场（厂）内专用机动车辆等。

▶考点四：特种设备安装、改造、修理许可

1. 承压类特种设备

（1）长输管道安装（GA1、GA2）许可由国家市场监督管理总局实施。

（2）锅炉安装（含修理、改造）（A、B）、长输管道安装（GA2）、公用管道安装（GB1、GB2）、工业管道安装（GC1、GC2、GCD）的许可由国家市场监督管理总局授权省级市场监管部门实施或省级市场监督管理部门实施。

（3）固定式压力容器安装不单独进行许可，各类气瓶充装无需许可。

（4）压力容器制造单位可以设计、安装与其制造级别相同的压力容器和与该级别压力容器相连接的工业管道（易燃易爆有毒介质除外，且不受长度、直径限制）；任一级别安装资格的锅炉安装单位或压力管道安装单位均可进行压力容器安装。

（5）压力容器改造和重大修理由取得相应级别制造许可的单位进行，不单独进行许可。

2. 锅炉安装许可参数级别

许可参数	许可范围	备注
A	额定出口压力大于 2.5MPa 的蒸汽和热水锅炉	A 级覆盖 B 级。A 级锅炉安装覆盖 GC2、GCD 级压力管道安装
B	额定出口压力小于等于 2.5MPa 的蒸汽和热水锅炉；有机热载体锅炉	B 级锅炉安装覆盖 GC2 级压力管道安装

3. 压力管道安装许可参数级别

许可参数	许可范围	备注
GA1	设计压力大于或等于 4.0MPa（表压，下同）的长输输油、输气管道	GA1 级覆盖 GA2 级
GA2	GA1 级以外的长输管道	
GB1	燃气管道	
GB2	热力管道	
GC1	（1）输送《危险化学品目录》中规定的毒性程度为急性毒性类别 1 介质、急性毒性类别 2 气体介质和工作温度高于其标准沸点的急性毒性类别 2 液体介质的工业管道。（有毒） （2）输送《石油化工企业设计防火标准（2018 年版）》GB50160—2008、《建筑设计防火规范（2018 年版）》GB50016—2014 中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或者甲类可燃液体（包括液化烃），并且设计压力大于或者等于 4.0MPa 的工艺管道。（可燃） （3）输送流体介质，并且设计压力大于或者等于 10.0MPa，或者设计压力大于或者等于 4.0MPa 且设计温度高于或者等于 400℃的工艺管道（高温高压）	GC1 级、GCD 级覆盖 GC2 级
GC2	（1）GC1 级以外的工艺管道。 （2）制冷管道	
GCD	动力管道	

第 7 章　7.4　施工组织设计

▶考点一：施工组织设计的编制与审批

施工组织设计应由项目负责人主持编制。

施工组织总设计	应由总承包单位技术负责人审批
单位工程施工组织设计	应由施工单位技术负责人审批
专项工程施工组织设计	应由项目技术负责人审批
临时用电组织设计	由电气工程技术人员组织编制，经相关部门审核及具有法人资格企业的技术负责人批准后实施

▶考点二：危大、超危大工程

工程	规模
危大工程	（1）采用非常规起重设备、方法，且单件起吊重量在 10kN 及以上的起重吊装工程 （2）采用起重机械进行安装的工程 （3）起重机械安装和拆卸工程
超过一定规模的危大工程	（1）采用非常规起重设备、方法，且单件起吊重量在 100kN 及以上的起重吊装工程 （2）起重量 300kN 及以上，或搭设总高度 200m 及以上，或搭设基础标高在 200m 及以上的起重机械安装和拆卸工程 （3）跨度 36m 及以上的钢结构安装工程，或跨度 60m 及以上的网架和索膜结构安装工程 （4）重量 1000kN 及以上的大型结构整体顶升、平移、转体等施工工艺

▶考点三：危大工程专项施工方案编制与审核

（1）施工单位应当在危大工程施工前，组织工程技术人员编制专项施工方案。实行施工总承包的，专项施工方案应当由施工总承包单位组织编制。实行分包的，专项施工方案可以由相关专业分包单位组织编制。

（2）专项施工方案应当由总承包单位技术负责人及分包单位技术负责人共同审核签字并加盖单位公章。由总监理工程师审查签字、加盖执业印章后方可实施。

（3）对于超过一定规模的危大工程，施工单位应当组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证。与本工程无利害关系的专家人数不得少于 5 名。专家论证前专项施工方案应当通过施工单位审核和总监理工程师审查。

（4）超过一定规模的危大工程专项施工方案经专家论证后结论为“通过”的，施工单位可参考专家意见自行修改完善。结论为“修改后通过”的，专家意见要明确具体修改内容，施工单位应当按照专家意见进行修改，并履行有关审核和审查手续后方可实施，修改情况应及时告知专家。专项施工方案经论证“不通过”的，施工单位修改后应当重新组织专家论证。

▶考点四：施工方案编制、交底内容

（1）施工方案编制内容包括：工程概况、编制依据、施工安排、施工进度计划、施工准备与资源配置计划、施工方法及工艺要求、质量安全保证措施等。

口诀：盖衣安静准方治

（2）施工方案交底内容包括：工程的施工程序和顺序、施工工艺、操作方法、要领、质量控制、安全措施、环境保护措施等。

口诀：许志安衣领还潮

第 10 章　10.2　施工质量检验

▶考点一：工程项目质量检验的三检制

未经监理工程师（或建设单位技术负责人）检查认可，不得进行下道工序施工。

自检	指由操作人员对自己的施工作业或已完成的分项工程进行自我检验，实施自我控制、自我把关，及时消除异常因素，以防止不合格品进入下道作业
互检	指操作人员之间对所完成的作业或分项工程进行的相互检查，是对自检的一种复核和确认，起到相互监督的作用。互检的形式可以是同组操作人员之间的相互检验，也可以是班组的质量检查员对本班组操作人员的抽检，同时也可以是下道作业对上道作业的交接检验
专检	指质量检验员对分部工程施工班组完成的作业或分项工程进行检验，用以弥补自检、互检的不足

▶考点二 ：施工质量验收顺序

检验批	由专业监理工程师组织施工单位项目专业质量检查员、专业工长等进行验收
分项工程	在施工单位自检的基础上，由建设单位专业技术负责人（监理工程师）组织施工单位专业技术质量负责人进行验收
分部（子分部）工程	在各分项工程验收合格的基础上，由施工单位向建设单位提出报验申请，由建设单位项目负责人（总监理工程师）组织施工、监理和设计等有关单位项目负责人及技术负责人进行验收
单位（子单位）工程验收	单位工程完工后，由施工单位向建设单位提出报验申请，由建设单位项目负责人组织施工单位、监理单位、设计单位等项目负责人进行验收

第 13 章　13.1　绿色施工

▶考点一：绿色施工评价（变动）

1. 评价框架体系

绿色施工评价框架体系应由基本规定评价、指标评价、要素评价、批次评价、阶段评价、单位工程评价及评价等级划分等构成，绿色施工评价依此顺序进行。

（1）基本规定评价应对绿色施工策划、管理要求的条款进行评价。

（2）指标评价应对控制项、一般项和优选项的条款进行评价。

（3）要素评价应在指标评价的基础上，对环境保护、资源节约、人力资源节约和保护三个要素分别进行评价。

（4）批次评价应在要素评价的基础上随工程进度分批进行评价。

（5）阶段评价应在批次评价的基础上进行，如建筑工程绿色施工评价阶段宜按地基与基础工程、主体结构工程、装饰装修与机电安装工程三个阶段进行；管线工程应划分为定位、安装、测试与联网。

（6）单位工程评价应在阶段评价的基础上进行，评价等级划分应分为不合格、合格和优良三个等级。

（7）评价频次，工程项目绿色施工批次评价次数每季度不应少于 1 次，且每阶段不应少于 1 次。

2. 评价组织

单位工程绿色施工评价	由建设单位组织，施工单位和监理单位参加
单位工程绿色施工阶段评价	由建设单位或监理单位组织，建设单位、监理单位和施工单位参加
单位工程绿色施工批次评价	由施工单位组织，建设单位和监理单位参加

第 14 章　14.1　施工资源管理

▶考点一：施工现场项目部主要人员的配备

（1）项目部负责人：项目经理、项目副经理、项目技术负责人。

（2）项目经理应为工程项目安全生产第一责任人。

（3）项目总工程师对本工程项目的安全生产负技术责任。

（4）项目部技术人员：根据项目大小和具体情况，按分部、分项工程及专业配备。

（5）项目部现场施工管理人员：

施工员、材料员、安全员、机械员、劳务员、资料员、质量员、标准员等必须经培训、考试、持证上岗。

口诀：老子按标志踩鸡屎

（6）项目部现场施工管理人员的配备，应根据工程项目的需要。施工员、质量员要根据项目专业情况配备，安全员要根据项目大小配备。

（7）项目部现场主要技术工人，根据项目具体情况，按单位、分部、分项工程和专业配备。必须持证上岗。

▶考点二：特种作业和特种设备作业人员配置要求（新增）

特种作业人员	建筑电工，建筑架子工，建筑起重信号司索工，建筑起重机械司机，建筑起重机械安装拆卸工，高处作业吊篮安装拆卸工
特种设备作业人员	特种设备安全管理人员、电梯维修工、起重机作业人员（起重机指挥、起重机司机）、特种设备焊接作业人员

（1）离开特种作业岗位 6 个月以上的应重新进行实际操作考试，经确认合格后方可上岗作业。

（2）从事锅炉、压力容器与压力管道焊接作业人员

特种设备的焊接作业应由持有“特种设备安全管理及作业人员证”的焊工担任。持证手工焊焊工或者焊机操作工采用的某焊接方法中断特种设备焊接作业 6 个月以上，该手工焊焊工或者焊机操作工若再使用该焊接方法进行特种设备焊接作业前，应当复审抽考。

第 15 章　15.1　试运行管理

▶考点一：机电工程项目试运行组织

单机试运行	（1）单机试运行由施工单位负责。工作内容包括：负责编制试运行方案，并报建设单位、监理审批；组织实施试运行操作，做好测试、记录并进行单机试运行验收。 （2）参加单位：施工单位、监理单位、设计单位、建设单位、重要机械设备的生产厂家。对于门式及桥式起重机等特种设备的试运行，施工单位应邀请特种设备监督管理单位派人参加
联动试运行	（1）由建设单位（业主）组织、指挥。建设单位工作内容包括：负责及时提供各种资源，审批联动试运行方案；选用和组织试运行操作人员；实施试运行操作。若建设单位要委托施工单位组织联动试运行，可签订合同进行约定。 （2）调试单位的工作内容：编制联动试运行方案，按照批准后的联动试运行方案指挥联动试运行。 （3）施工单位工作内容：负责岗位操作的监护，处理试运行过程中机器、设备、管道、电气、自动控制等系统出现的问题并进行技术指导 （4）联动试运行参加单位：建设单位、生产单位、施工单位、调试单位、设计单位、监理单位、机械设备生产厂家。
负荷试运行	（1）由建设单位（业主）负责组织、协调和指挥。 （2）除合同另有规定外，负荷试运行方案由建设单位组织生产部门和调试单位、设计单位、施工单位共同编制，由生产部门负责指挥和操作或由调试单位指挥，生产单位负责操作

第 16 章　16.2　保修与回访管理

▶考点一：机电工程保修期限

（1）建设工程的保修期自竣工验收合格之日起计算；

（2）电气管线、给水排水管道、设备安装工程保修期为 2 年；

（3）供热和供冷系统为 2 个供暖期、供冷期。

（4）其他项目的保修期由发包单位与承包单位约定。